

4.2. Dinamica stagionale e studio della distribuzione orizzontale del carbonio organico

4.2.1. Dinamica stagionale

Le concentrazioni di Carbonio Organico Totale (TOC) misurate lungo la colonna d'acqua nel corso dell'anno 2009 sono presentate nella tabella 4.1 insieme ai valori medi relativi allo strato 0-20 m, pressochè coincidente, nel Lago Maggiore, con la zona fotica ed allo strato 20-350 m, che costituisce la zona afotica. Nella stessa tabella sono pure sintetizzati i valori relativi al particolato totale organico ed inorganico, vivo e morto, (seston) ed alla frazione particellata del carbonio organico (POC).

Per quanto riguarda i dettagli metodologici relativi alla determinazione di queste variabili si può sinteticamente ricordare che il materiale particellato è concentrato per filtrazione di un volume noto di campione su filtri in fibra di vetro con porosità nominale di 1µm, precombusti a 450 °C, previa rimozione con rete da 126 µm del particolato di maggiori dimensioni. Successivamente il seston è determinato gravimetricamente (microbilancia Sartorius M3P), il TOC con combustione ad alta temperatura del campione liquido (Shimadzu 5000C, TOC Analyser), il POC con combustione ad alta temperatura del filtro col suo carico organico (ThermoQuest EA1112 CHN Analyser).

I dati della tabella sono graficamente sintetizzati nelle figure 4.15, 4.16, 4.17 e 4.18, rispettivamente relative a seston, Carbonio Organico Totale (TOC), Carbonio Organico Particellato (POC) ed Azoto Organico Particellato (PON). Come già in passato, tutti i parametri relativi al ciclo del carbonio organico presentano un gradiente verticale di concentrazione più marcato per la componente particellata. La variabilità stagionale di tutti i parametri considerati è molto marcata negli strati superficiali e tende a smorzarsi negli strati profondi della colonna d'acqua, dove i picchi sono generalmente di entità minore.

Il confronto dei dati del 2009 relativi alla concentrazione dei diversi parametri sopra elencati con quelli del primo biennio di indagine permette di constatare che nessuna variabile ha mostrato una variazione di concentrazione tale da far pensare ad importanti modificazioni del comparto della sostanza organica nel periodo di studio. Tuttavia le concentrazioni di seston e POC sono risultate, soprattutto nella zona eufotica, inferiori rispetto al 2009.

Date le concentrazioni relativamente modeste di TOC e POC reperite anche nei periodi più produttivi (mesi primaverili ed estivi), si tratta di un risultato confortante perchè viene consolidata la valutazione di oligotrofia del Lago Maggiore. In effetti, la concentrazione di sostanza organica disciolta e particellata costituisce un valido proxy dello stato trofico di un lago perchè un eventuale incremento della produttività lacustre non può che esitare in un incremento di sostanza organica.

4.2.2. Distribuzione orizzontale

Nel 2009 si è proseguito lo studio sistematico della distribuzione spaziale dei parametri di base del ciclo del carbonio organico. Scopo di questa parte della ricerca è di pervenire ad una valutazione, per il Lago Maggiore, dell'eterogeneità spaziale delle

variabili che hanno un ruolo rilevante nella catena alimentare microbica. Questa informazione ha un elevato valore diagnostico perché consente, in un ambiente sottoposto a forte pressione antropica lungo tutto il suo perimetro, di evidenziare precocemente la collocazione areale di eventuali fenomeni degenerativi della qualità del lago e, quindi, di avviare indagini mirate alla localizzazione territoriale delle cause del fenomeno degenerativo.

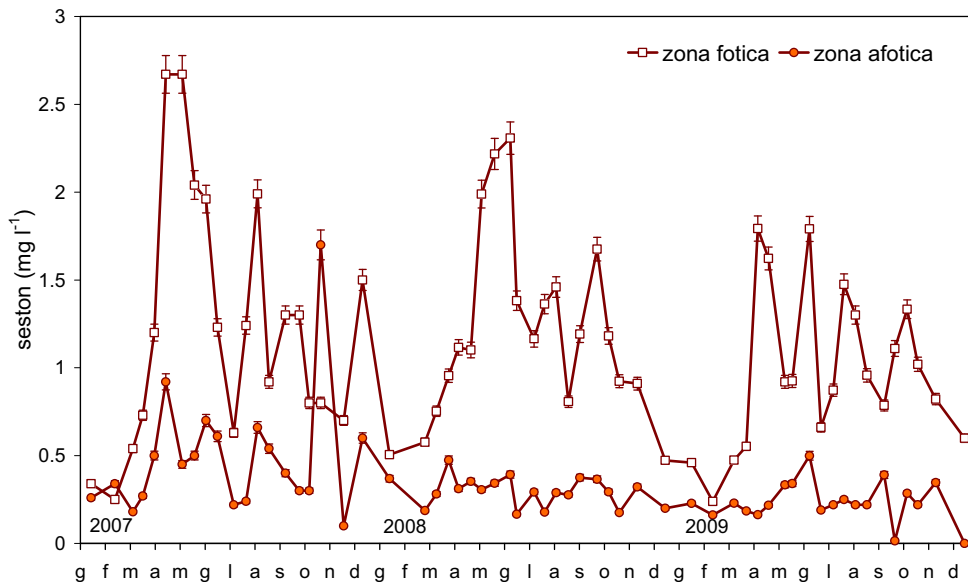


Fig. 4.15. Concentrazione di seston nella zona fotica ed afotica del Lago Maggiore nel corso del 2009, a confronto con la concentrazione del 2007-2008. Le barre verticali rappresentano la deviazione standard.

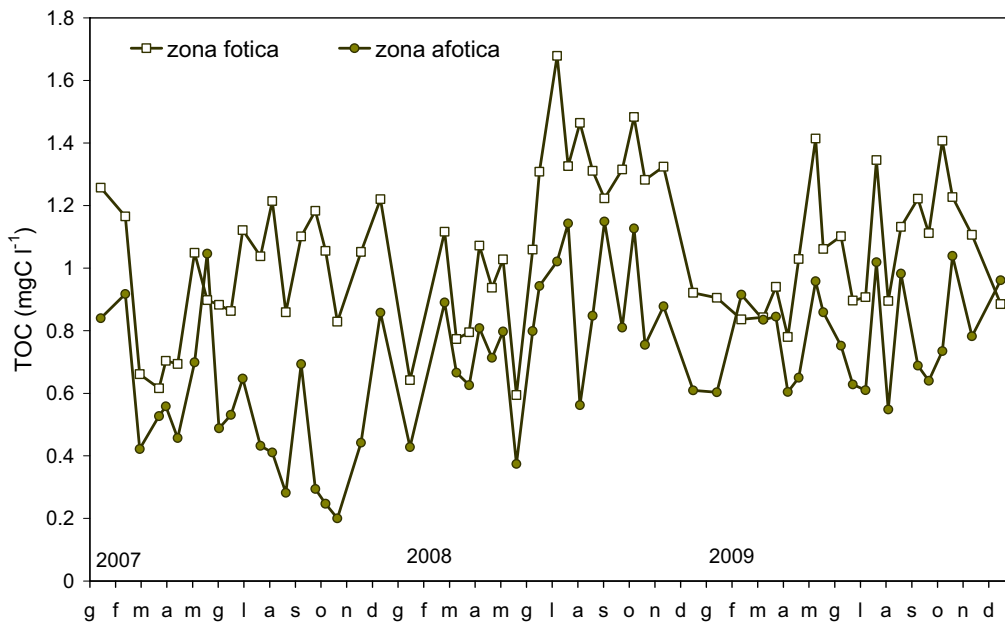


Fig. 4.16. Concentrazione di Carbonio Organico Totale (TOC) nella zona fotica ed afotica del Lago Maggiore nel corso del 2009, a confronto con la concentrazione del 2007-2008. Errore analitico: CV=2%.

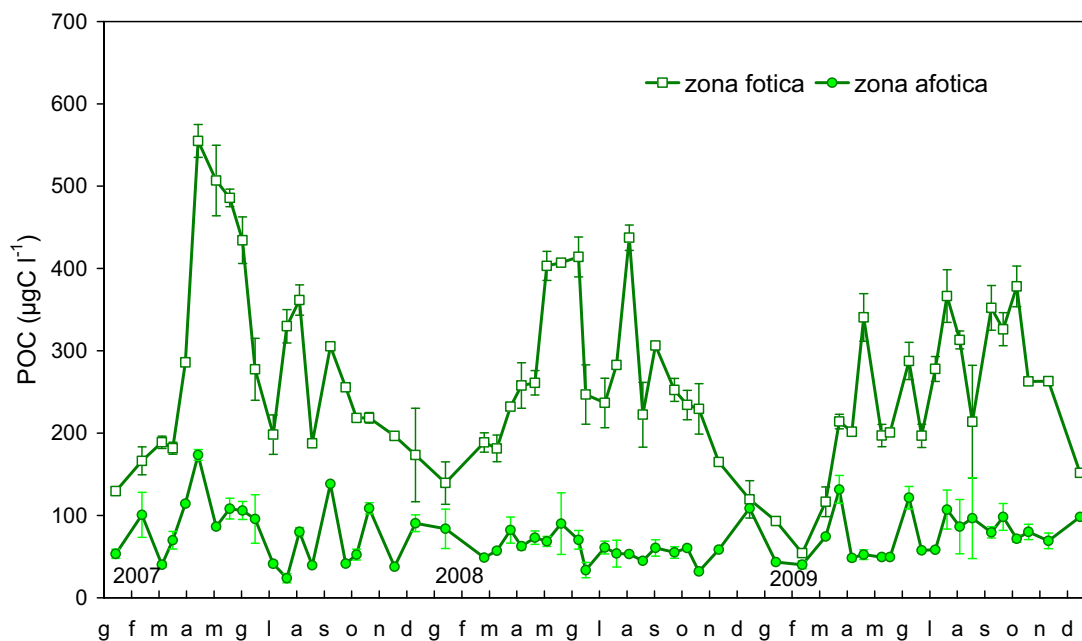


Fig. 4.17. Concentrazione di Carbonio Organico Particellato (POC) nella zona fotica ed afotica del Lago Maggiore nel corso del 2009, a confronto con la concentrazione del 2007-2008. Le barre verticali rappresentano la deviazione standard.

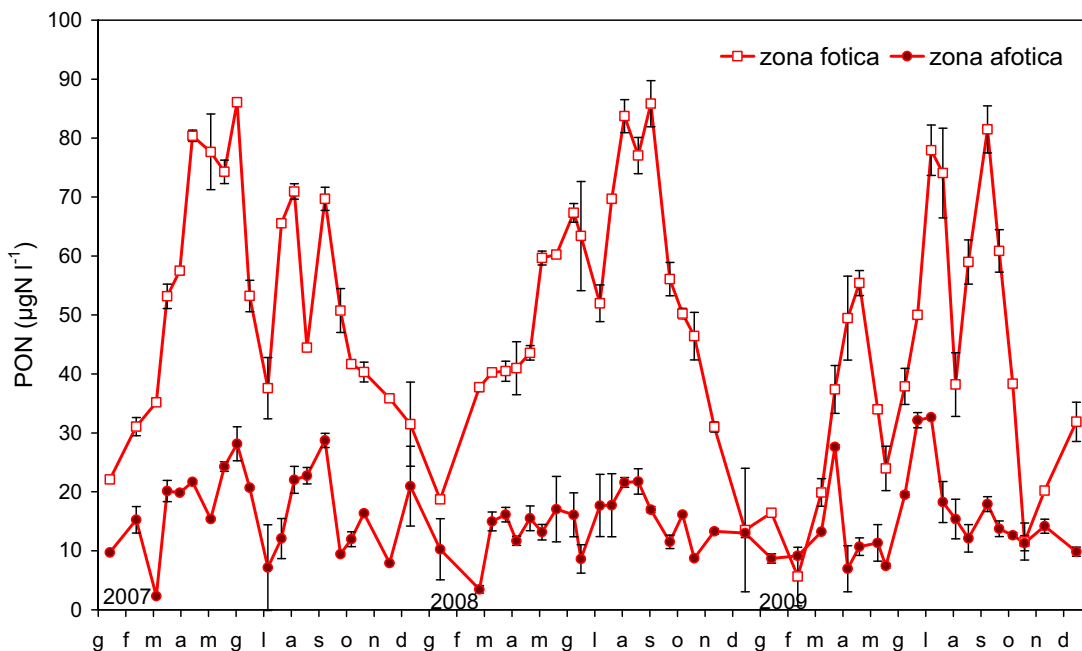


Fig. 4.18. Concentrazione di Azoto Organico Particellato (PON) nella zona fotica ed afotica del Lago Maggiore nel corso del 2009, a confronto con la concentrazione del 2007-2008. Le barre verticali rappresentano la deviazione standard.

Tab. 4.1. Concentrazioni di seston, Carbonio Organico Particellato (POC), Carbonio Organico Totale (TOC) misurate nel Lago Maggiore nel corso del 2009 (z. euf. = zona fotica, z. af. = zona afotica).

2009	17-gen	12-feb	10-mar	25-mar	8-apr	21-apr	11-mag	20-mag	10-giu	24-giu	9-lug	22-lug	5-ago	19-ago	9-set	22-set	7-ott	20-ott	11-nov	16-dic
Seston mg l⁻¹																				
z. euf.	0,460	0,239	0,474	0,552	1,792	1,623	0,920	0,925	1,790	0,661	0,872	1,475	1,300	0,957	0,786	1,110	1,333	1,020	0,822	0,599
z. af.	0,228	0,162	0,230	0,185	0,163	0,217	0,333	0,341	0,499	0,190	0,220	0,250	0,220	0,220	0,390	0,015	0,285	0,220	0,347	0,000
POC µg l⁻¹																				
z. euf.	93,28	54,24	116,65	214,15	201,56	340,52	197,07	200,61	287,62	196,71	277,95	366,45	313,24	213,89	352,13	326,18	378,26	262,84	263,02	151,65
z. af.	43,21	40,15	74,48	131,54	48,28	52,37	49,54	49,42	121,57	57,63	58,9	107,06	86,41	96,71	79,46	98,22	71,71	80,06	69,20	98,30
TOC mg l⁻¹																				
20 m	0,821	0,839	0,893	0,802	0,792	0,829	0,858	0,793	1,077	0,902	0,747	0,826	0,698	0,831	0,755	0,661	0,774	1,039	0,985	0,912
50 m	0,812	0,868	0,990	0,801	0,729	0,836	0,749	0,693	0,764	0,692	0,651	0,704	0,637	0,734	0,613	0,589	0,543	0,779	0,735	0,733
100 m	0,620	0,756	0,902	0,799	0,741	0,774	0,796	0,631	0,684	0,918	0,64	0,621	0,555	0,602	0,527	0,583	0,534	0,723	0,661	0,669
200 m	0,619	0,745	0,650	0,845	0,656	0,852	0,672	0,573	0,601	0,682	0,545	0,733	0,64	0,62	0,501	0,615	0,554	1,223	0,636	0,608
300 m	0,656	0,749	0,807	0,741	0,721	0,747	0,741	0,573	0,601	0,668	0,563	0,708	0,804	0,577	0,56	0,704	0,579	1,332	0,615	0,988
350 m	0,664	0,691	0,811	0,975	0,704	0,856	0,814	0,755	0,661	0,733	0,682	0,724	0,654	0,64	0,586	0,911	0,553	0,689	0,689	0,596
z. euf.	0,905	0,836	0,843	0,940	0,780	1,029	1,414	1,061	1,102	0,896	0,907	1,345	0,895	1,132	1,222	1,112	1,407	1,227	1,106	0,885
z. af.	0,603	0,915	0,835	0,845	0,604	0,650	0,958	0,859	0,752	0,628	0,610	1,019	0,548	0,982	0,688	0,640	0,735	1,039	0,782	0,961

}

Benché sia da tempo accertata l'esistenza di una eterogeneità spaziale rilevante nei mari e negli oceani, nei corpi idrici relativamente piccoli come i sistemi delle acque interne l'eterogeneità spaziale è spesso trascurata o studiata solamente per la frazione planctonica, dotata di una certa mobilità in risposta, per esempio, a stimoli luminosi. Tuttavia anche in ambienti di modeste dimensioni l'eterogeneità spaziale è tutt'altro che trascurabile (Downing, 1991). In particolare nel Lago Maggiore è stato dimostrato, valutando su scala stagionale e per due anni la distribuzione spaziale del carbonio organico particellato e disciolto nonché della frazione picoplanctonica, che le acque epilimniche non si possono, particolarmente nelle stagioni di maggior produzione, considerare omogenee per quanto riguarda queste variabili (Bertoni *et al.*, 2004).

La variabilità nella distribuzione spaziale di seston TOC, POC e PON è stata studiata nel Luglio 2009, effettuando una serie di campionamenti in 27 stazioni, distribuite lungo l'intero bacino lacustre. In particolare, sono state individuate 12 stazioni pelagiche e 15 stazioni litorali, queste ultime posizionate in corrispondenza dell'isobata dei 25 metri (Fig. 4.18). I campionamenti sono stati effettuati utilizzando un campionatore integratore che preleva un singolo campione integrato nello strato 0-20 m (Brev. M196A000121) e che può essere, quindi, considerato rappresentativo della zona fotica del Lago Maggiore.

La distribuzione del seston (Fig. 4.19) mostra chiaramente l'importanza dell'apporto alloctono di materiale particellato, che presenta concentrazioni più elevate in prossimità dell'immissione a lago dei tributari più importanti (Ticino e Maggia, Toce). È pure evidente una differenza di concentrazione tra la porzione settentrionale e meridionale del lago (con concentrazione media 1,604 e 1,712 mg l⁻¹, rispettivamente) ben più ridotta rispetto all'anno precedente quando la concentrazione media delle stazioni settentrionali risultò circa doppia rispetto a quella delle stazioni meridionali. Questo risultato può essere una conseguenza del fatto che nel 2009 si sono avuti valori massimi più ridotti rispetto al 2008.

La distribuzione del TOC, presentata in figura 4.20, evidenzia una modesta diversità spaziale con una concentrazione media di 0,903 mg C l⁻¹ ed una differenza di concentrazione tra nord e sud del lago davvero modesta, pari a 0,02 mg C l⁻¹ e quindi ben inferiore rispetto all'anno precedente.

Anche la distribuzione spaziale del POC (Fig. 4.21) è risultata nel 2009 più omogenea rispetto al 2008, presentando un gradiente di concentrazione crescente lungo l'asse nord-sud del lago di soli 11 µg l⁻¹, in accordo con quanto emerso dall'esame del seston. Il POC nel Lago Maggiore è di origine prevalentemente autoctona perchè è sempre risultato fortemente correlato ai popolamenti fitoplanctonici (Bertoni & Callieri, 1992). Il modesto gradiente di concentrazione rispecchia quindi l'eterogeneità della concentrazione di clorofilla precedentemente illustrato (Fig. 4.20). Questa fenomenologia può aver contribuito al determinare, nel 2009, i valori di seston inferiori a quelli del 2008 dei quali si è detto più sopra.

Anche la frazione proteica del particellato, descritta dalla distribuzione spaziale del PON (Fig. 4.22) rivela l'assenza, nel 2009, di un importante gradiente di concentrazione nord-sud, con una differenza di concentrazione tra le due zone di soli 8 µg l⁻¹.

Infine, diversamente da quanto verificatosi nello scorso anno, non è emersa una significativa differenza di concentrazione di POC e PON nelle stazioni pelagiche rispetto a quelle litorali.

In conclusione, lo studio della distribuzione spaziale delle variabili legate al ciclo del carbonio organico ha mostrato, nel 2009, una eterogeneità della loro distribuzione meno

pronunciata rispetto al precedente anno, pur con un gradiente di concentrazione crescente da nord a sud che supporta l'ipotesi di una maggior produttività della porzione meridionale del Lago Maggiore.

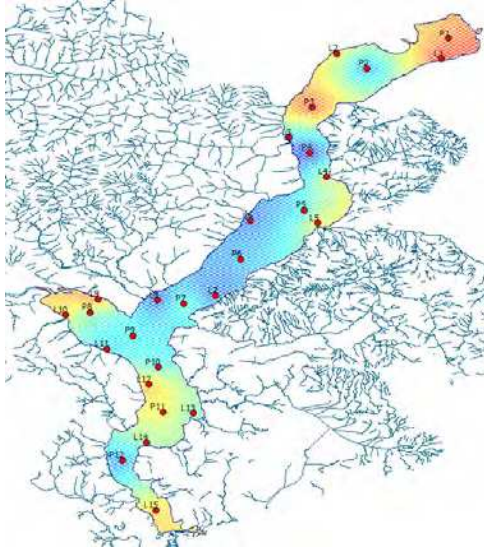


Fig. 4.19. Distribuzione spaziale del seston (mg l^{-1}) nell'Agosto 2009 (rosso-blu: 2-1,5 mg l^{-1}).

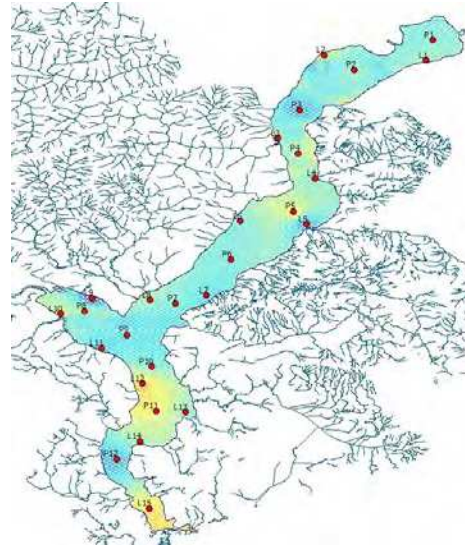


Fig. 4.20. Distribuzione spaziale del TOC (mg l^{-1}) nell'Agosto 2009 (rosso-blu: 1-1,5 mg l^{-1}).

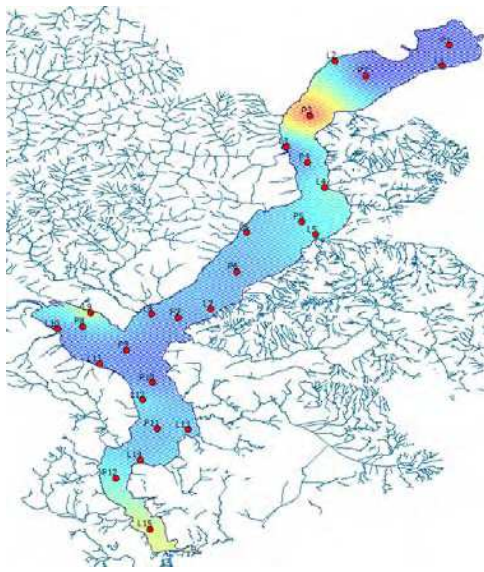


Fig. 4.21. Distribuz. spaziale del POC ($\mu\text{g l}^{-1}$), Agosto 2009 (rosso-blu: 400-200 $\mu\text{g l}^{-1}$).

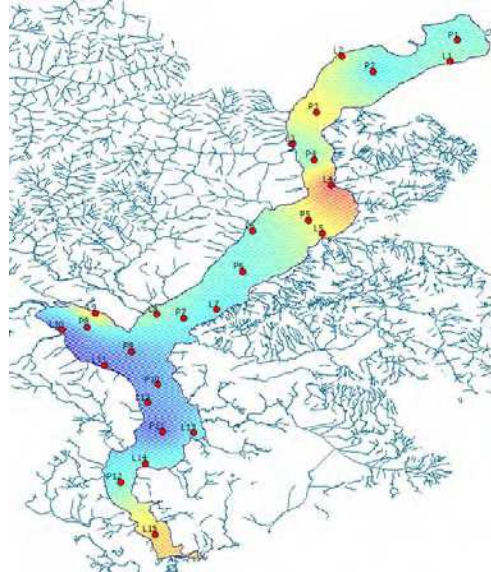


Fig. 4.22. Distribuz. spaziale del PON ($\mu\text{g l}^{-1}$), Agosto 2009 (rosso-blu: 100-50 $\mu\text{g l}^{-1}$).

BIBLIOGRAFIA

- Bertoni, R. & C. Callieri. 1992. Organic carbon trend during the oligotrophication of Lago Maggiore. In: R. de Bernardi, R. Pagnotta and A. Pugnetti (Eds), *Strategies for lake ecosystems beyond 2000. Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, 52: 191-205.
- Bertoni, R., R. Piscia & C. Callieri. 2004. Horizontal heterogeneity of seston, organic carbon and picoplankton in the photic zone of Lago Maggiore, Northern Italy. *J. Limnol.*, 63(2): 244-249.
- Downing, J.A. 1991. Biological and physical heterogeneity in lakes. In: J. Kolasa and S. Pickett (Eds), *Ecological heterogeneity*. Springer-Verlag, New York: 160-180.